

Vorrichtung und Verfahren zur Bildung eines oder mehrerer Magnetfeldgradienten durch einen geraden Leiter

Publication number: DE19838536 (A1)

Publication date: 2000-03-02

Inventor(s): KUNZE JUERGEN [DE];
SCHEPP GUNTHER [DE];
WEBER JAN THORSTEN [DE] +

Applicant(s): LUST ANTRIEBSTECHNIK
GMBH [DE] +

Classification:

- **international:** G01R33/02; G01R15/20;
G01R19/00; G01R33/022;
G01R33/035; G01R33/07;
G01R33/09; G01R33/02;
G01R15/14; G01R19/00;
G01R33/022; G01R33/035;
G01R33/06; (IPC1-
7): G01R15/20; G01R33/022;
G01R33/09

- **European:** G01R15/20D; G01R33/022

Application number: DE19981038536 19980825

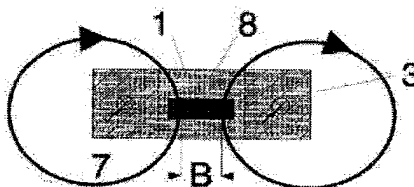
Priority number(s): DE19981038536 19980825

Also published as:

US6636029 (B1)
JP2002523751 (T)
EP1110094 (A1)
EP1110094 (B1)
WO0011482 (A1)

Abstract of DE 19838536 (A1)

Magnetic field gradients are used e.g., for potential-free current measurement without voluminous ferrite cores in order to minimise the influence of homogenous external interference fields on the measurement. So far, they have been provided mainly through U-shaped primary current conductors. The aim of the invention is to make it unnecessary to guide high currents through U-shaped current conductors, this being costly, and to provide a device and a method for creating one or more magnetic field gradients through a straight conductor. To this end, a primary current conductor (3) which is straight at the point where the magnetic field is measured has a recess or groove or slot (8) for creating a magnetic field gradient. Inside or in the area surrounding said recess, the field lines (7) take a course that enables one or more gradiometers or an arrangement of absolute field measurement devices (1) to be positioned in such a way that the influences of especially homogenous interference fields on the measurements are successfully minimised using simple mathematical methods such as subtraction.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



① **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 38 536 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 01 R 15/20
G 01 R 33/09
G 01 R 33/022

⑲ Aktenzeichen: 198 38 536.6
⑳ Anmeldetag: 25. 8. 1998
㉓ Offenlegungstag: 2. 3. 2000

DE 198 38 536 A 1

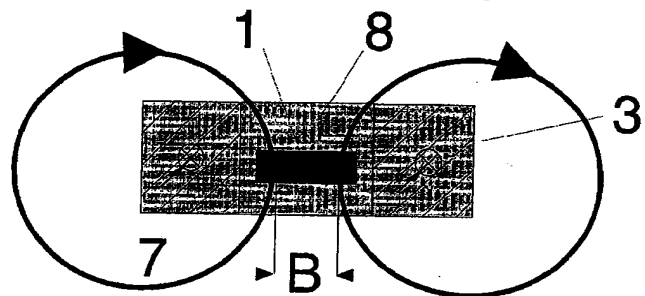
⑦ Anmelder:
Lust Antriebstechnik GmbH, 35633 Lahnau, DE
⑦A Vertreter:
S. Knefel und Kollegen, 35578 Wetzlar

⑦B Erfinder:
Kunze, Jürgen, Dipl.-Ing., 35585 Wetzlar, DE;
Schepp, Gunther, Dipl.-Ing., 35428 Langgöns, DE;
Weber, Jan Thorsten, Dipl.-Phys., 35452
Heuchelheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤A Vorrichtung und Verfahren zur Bildung eines oder mehrerer Magnetfeldgradienten durch einen geraden Leiter

⑤B Magnetfeldgradienten werden beispielsweise bei der potentialfreien Strommessung ohne voluminöse Ferritkerne gebraucht, um den Einfluß homogener äußerer Störfelder auf die Messung zu minimieren. Sie werden bisher in erster Linie durch u-förmige Primärstromleiter bereitgestellt. Aufgabe der Erfindung ist es, die aufwendige Führung hoher Ströme durch u-förmige Stromleiter überflüssig zu machen und eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bildung eines oder mehrerer Magnetfeldgradienten durch einen geraden Leiter anzugeben. Zu diesem Zweck besitzt ein am Orte der Magnetfeldmessung gerader Primärstromleiter (3) jeweils eine Aussparung beziehungsweise eine Nut oder einen Schlitz (8) zur Bildung eines Magnetfeldgradienten. Innerhalb oder in der Umgebung dieser Aussparung nehmen die Feldlinien (7) einen Verlauf, der es gestattet, ein oder mehrere Gradientenmeter oder eine Anordnung von Absolutfeldmeßgeräten (1) so zu positionieren, daß die Minimierung der Einflüsse insbesondere homogener Störfelder auf die Messung mit einfachen mathematischen Methoden wie zum Beispiel der Subtraktion gelingt (Figur 7).



DE 198 38 536 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bildung eines oder mehrerer Magnetfeldgradienten durch einen am Orte der Magnetfeldmessung geraden Stromleiter.

Der oder die entstandenen Magnetfeldgradienten sollen vorzugsweise zur potentialfreien Messung des Stromes in dem angesprochenen, am Orte der Magnetfeldmessung vorzugsweise gerade ausgeführten Leiters herangezogen werden.

Es ist bekannt, Ströme potentialfrei durch die Aufzeichnung ihres Magnetfeldes mit Hilfe des Halleffektes zu messen (Proceedings PCIM Hongkong, Oktober 1997, S. 129 ff.) Die derzeit handelsüblichen Hallwandler benötigen allerdings relativ teure und insbesondere bei der Messung höherer Ströme auch voluminöse Eisen- oder Ferritkerne zur Konzentration des magnetischen Flusses auf die magnetfeldempfindlichen Bereiche des jeweiligen Wandlers (Fig. 1).

Dieser Umstand, der auf die geringe Magnetfeldempfindlichkeit der erwähnten handelsüblichen Hallwandler zurückzuführen ist, hat zur Entwicklung empfindlicherer Hallwandler und anderer Magnetfeldmeßgeräte geführt.

So sind im Bereich der Hallwandler oder -sensoren Vorrichtungen bekannt, die auf einem wenigen Quadratmillimeter großen Siliziumsubstrat sowohl eine magnetfeldempfindliche Schicht als auch Flußkonzentratoren enthalten (EPFL/Sentron, Higly Sensitive Hall Sensor, Auslage Hannover Messe Industrie, 1998). Eine weitere Besonderheit dieser Vorrichtung liegt in der in vertikaler Richtung ellipsenförmigen Ausführung der magnetfeldempfindlichen Schicht, die eine weitere Steigerung der Magnetfeldempfindlichkeit zum Ziel hat.

Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe weiterer Verfahren zur Magnetfeldmessung, die aufgrund ihrer Empfindlichkeit auch ohne Eisen oder Ferritkerne für die potentialfreie Strommessung geeignet sind.

So sind seit längerer Zeit Magnetfeldmeßgeräte bekannt, die auf der Basis magneto-resistiver Effekte wie des anisotropen magneto-resistiven Effektes (AMR) (Magneto-resistive Sensoren III, Abschlußbereich des Verbundprojektes IMO-MAG, BMFT-Förderkennzeichen 13 MV 0109-0120, Kapitel 6.1, Magnetfeldsensor mit integrierter Kompensationsleitung MSK 6) oder des gigantischen magneto-resistiven Effektes (GMR) (Magneto-resistive Sensoren IV, Symposium und Statusseminar am 11. Und 12 März 1997 in Wetzlar, Kapitel "MR-Sensoren mit Giantwiderstandsmaterialien: Potenzen und Probleme") arbeiten bekannt.

Darüber hinaus erscheint es in Zukunft auch denkbar, derartige Sensorsysteme auf der Basis des kolossalen magneto-resistiven Effektes (CMR) herzustellen (Ebenda S. 7 f.).

Allen Sensorsystemen, die über eine magnetische Empfindlichkeit verfügen, die es ihnen gestattet, ohne Verwendung von voluminösen Eisenkernen Ströme potentialfrei zu messen, ist jedoch eine große Empfindlichkeit gegenüber Störfeldern eigen. Diesem Umstand wird gegenwärtig beispielsweise dadurch begegnet, daß durch eine spezielle Anordnung der magneto-resistiven Materialien, die in dem jeweiligen Meßgerät zum Einsatz kommen, Magnetfeldgradiometer hergestellt werden, die eine geringere Empfindlichkeit gegenüber homogenen Störfeldern aufweisen.

So beschreibt beispielsweise die DE 43 00 605 C2 einen Sensorchip, der insbesondere auf der Basis des AMR funktioniert und in der Lage ist, Strom durch die Aufzeichnung des Magnetfeldgradienten potentialfrei zu messen. Natürlich sind auch Vorrichtungen bekannt, die auf der Basis des GMR (Magneto-resistive Sensoren IV, Symposium und Sta-

tusseminar am 11. Und 12 März 1997 in Wetzlar, Kapitel "MR-Sensoren mit Giantwiderstandsmaterialien: Potenzen und Probleme" S. 4 ff.) oder anderer magnetfeldempfindlicher Effekte arbeiten und als Gradiometer ausgelegt sind.

Auch die oben bereits vorgestellten, besonders empfindlichen Hallsensoren mit weich magnetischen Flußkonzentratoren (EPFL/Sentron, Higly Sensitive Hall Sensor, Auslage Hannover Messe Industrie, 1998) sind prinzipiell auch als Gradiometer auslegbar. Zu diesem Zweck bedarf es lediglich der Aufbringung beispielsweise zweier magnetfeldempfindlicher Bereiche auf einem Siliziumsubstrat und der geeigneten Auswertung der beiden entstehenden Hallspannungen.

Ein Nachteil des beschriebenen Prinzips liegt in dem Umstand, einen Magnetfeldgradienten bereitstellen zu müssen, begründet.

Die DE 43 00 605 C2 und die US 5 548 208 schlagen zu diesem Zweck beispielsweise die u-förmige Ausführung des Stromleiters, durch den der zu messende Primärstrom geführt wird, vor (Fig. 2). Das eigentliche Magnetfeldgradiometer wird bei diesen beiden Veröffentlichungen vorzugsweise auf einem potentialtrennenden Trägermaterial aufgebracht, das seinerseits auf dem u-förmigen Primärleiter befestigt wird.

Die Nachteile dieses Prinzips liegen jedoch auf der Hand: Es ist notwendig den normalerweise in geraden Stromleitern fließenden Strom durch einen u-förmigen Primärleiter zu führen. Zu diesem Zweck werden insbesondere im Hochstrombereich massive Stromleiter oder Breitbandkabel unterbrochen und die Leiterenden in geeigneter Form mit den Anschlüssen des u-förmigen Primärleiters verbunden. Dieses Verfahren ist relativ aufwendig und vor allem mit den üblicherweise im Maschinen- und Fahrzeugbau verwendeten Fertigungsverfahren schwer vereinbar.

Daher ist auch eine Anordnung bekannt, die unter Verwendung mindestens zweier Magnetfeldmeßgeräte eine gegen homogene Störfelder relativ unempfindliche Strommessung ohne voluminöse Eisen- oder Ferritkerne erlaubt: Bei der DE 44 34 417 A1 werden insbesondere zwei Absolutfeldmeßgeräte auf vorzugsweise gegenüberliegenden Seiten eines geraden Leiters (parallel zur Stromflußrichtung) angeordnet (Fig. 3). Auf diese Weise wird sichergestellt, daß das kreisförmige Magnetfeld des geraden Leiters die beiden Meßgeräte in umgekehrter Richtung durchsetzt. Die Ausgangssignale beider Meßgeräte werden voneinander subtrahiert, so daß die Störanteile homogener Störfelder weitgehend wegfallen.

Doch auch diese Erfindung weist immanente Nachteile auf. Zunächst sind gegenüber dem dargestellten gradiometrischen Prinzip zwei Magnetfeldmeßgeräte und zwei potentialtrennende Trägersubstrate zu verwenden. Darüber hinaus ist der Abstand zwischen den beiden Magnetfeldmeßgeräten nicht frei wählbar, da er insbesondere vom Durchmesser der Primärleiters abhängt.

Dieser Abstand ist jedoch für die Empfindlichkeit der Anordnung gegenüber Störfeldern entscheidend, da sich Störfelder natürlich mit dem Abstand verändern. Mit einfachen mathematischen Mitteln wie der Subtraktion sind die Einflüsse dieser Störfelder bei der Auswertung der Ausgangssignale der Absolutfeldmeßgeräte nur hinreichend zu minimieren, wenn diese von annähernd gleichen Störfeldern durchsetzt werden. Bei der Verwendung von Gradiometern entspricht der Begriff "Basisbreite des Gradiometers" in seiner Bedeutung für die Empfindlichkeit dieser Geräte gegenüber Störfeldern dem oben erklärten Abstand der Absolutfeldmeßgeräte.

Die Tatsache, daß der Abstand zwischen den Absolutfeldmeßgeräten bei der 44 34 417 A1 vom Primärleiterquer-

schnitt abhängt, ist insbesondere im Hochstrombereich, der sowohl durch große Primärleiterquerschnitte, als auch durch hohe Störfelder gekennzeichnet ist, von Nachteil.

Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, die Nachteile der beiden beschriebenen Meßverfahren, das heißt die Verwendung eines u-förmigen Primärleiters bei dem gradiometrischen Meßverfahren und der vorgegebenen Basisbreite bei dem Meßverfahren mit mindestens zwei Absolutfeldmeßgeräten, zu beseitigen. Zu diesem Zweck wird eine Vorrichtung und ein Verfahren angegeben, das es erlaubt, an einem geraden Primärstromleiter entweder mit Hilfe eines Gradiometers oder mindestens zweier Absolutfeldmeßgeräte potentialfrei und unter weitgehender Ausschaltung externer Störfelder Strom zu messen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,

- a) daß die Bildung des oder der Magnetfeldgradienten jeweils durch einen Leiter erfolgt, der mit einer oder mehreren geeigneten Aussparungen, beispielsweise Nuten oder Schlitzten, versehen und am Orte der Messung vorzugsweise gerade ausgeprägt ist, oder
- b) durch die entsprechende geeignete Anordnung der leitfähigen Bauteile, die einen am Orte der Messung vorzugsweise geraden Stromleiter mit einer oder mehreren entsprechenden Aussparungen bilden, erfolgt und daß die Messung des Magnetfeldes oder des Magnetfeldgradienten jeweils durch geeignete Vorrichtungen in der Umgebung einzelner Aussparungen vorgenommen wird.

Die Erfindung ermöglicht die Messung des Magnetfeldgradienten beispielsweise in einer Nut in einem massiven Stromleiter. Diese Maßnahme führt zu einem kompakteren Aufbau und geringeren Herstellkosten, da gegenüber sonstigen Gradiometeranordnungen die Notwendigkeit der u-förmigen Ausführung des Primärleiters entfällt. Gegenüber den oben beschriebenen Anordnungen mit mindestens zwei Absolutfeldmeßgeräten, die außerhalb eines geraden Leiters angeordnet sind, ist die Möglichkeit der Realisierung variabler insbesondere vom Primärleiterquerschnitt unabhängiger Basisbreiten hervorzuheben. Hierbei ist es möglich, die gewünschte Basisbreite durch die Bauart des verwendeten Gradiometers vorzugeben oder zwei oder mehrere Absolutfeldmeßgeräte in dem gewünschten Abstand voneinander anzubringen und mit ihrer Hilfe den Magnetfeldgradienten zu messen.

Desweiteren kann davon ausgegangen werden, daß die Messung eines innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Aussparung befindlichen Magnetfeldgradienten ohnehin mit geringeren Störfeldern behaftet ist als die Messung von Gradienten oder Absolutfeldern weit außerhalb desselben. Dieser Effekt scheint zunächst mit der klassischen Elektrodynamik schwer zu erklären, da die leitfähigen Materialien, die den erfindungsgemäßen Stromleiter bilden, zunächst nur Abschirmung gegen elektrische Felder gewährleisten dürfen.

Das angesprochene Phänomen ist allerdings reproduzierbar meßbar und höchstwahrscheinlich auf Wirbelströme im Primärleiter zurückzuführen, die insbesondere auf die verursachenden wechselnden äußeren Felder dämpfend wirken.

Zu den angesprochenen Vorteilen, die vorwiegend physikalischer Art sind, kommt ein weiterer fertigungstechnischer Aspekt hinzu:

Bei einer Vorrichtung gemäß der DE 43 00 605 C2 ist die Genauigkeit mit der der u-förmige Primärleiter zum eigentlichen magnetoresistiven Sensorelement positioniert wird

von großer Bedeutung für die Meßgenauigkeit und den Meßbereich des Gradiometers. In Analogie zu dieser Problemstellung ist der Abstand und die Symmetrie der Absolutfeldmeßgeräte bei einer Vorrichtung gemäß der DE 44 34 417 A1 eine kritische Größe, deren Einhaltung oft zusätzlichen Aufwand erfordert.

Ein Gradiometer oder eine Anordnung von Absolutfeldmeßgeräten, die Magnetfeldgradienten messen kann, wird vorzugsweise mit mikrosystemtechnischen Fertigungsverfahren hergestellt und oft mit der nötigen Auswerteelektronik integriert werden. Daher werden sich die mechanischen Fertigungstoleranzen in engen Grenzen halten.

Die Bereitstellung einer erfindungsgemäßen Aussparung in dem Primärleiter, die beispielsweise durch das Fräsen einer Nut vorgenommen werden kann, ist ebenfalls schon mit den Mitteln des klassischen Maschinenbaus mit einer Genauigkeit von einigen Hundertstel Millimetern möglich. Zur Verbindung beider Bauteile sind dann nur noch kostengünstige und im Maschinen- und Fahrzeugbau übliche Steckverfahren oder ähnlich kostengünstige Fertigungsverfahren vonnöten, so daß zur Gewährleistung der erforderlichen Positionierungsgenauigkeit keine zusätzlichen Maßnahmen mehr erforderlich sind.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt in der Möglichkeit, beispielsweise hohe Ströme durch mehrfach geschlitzte Leiter so zu unterteilen, daß die Gradienten zwischen den einzelnen Leiterströmen nicht zu groß für Meßgeräte werden, die für die Messung kleinerer Ströme optimiert sind. Dieser Vorteil wiegt umso schwerer, da die großen Stückzahlen und damit relativ geringen Herstellkosten in Strombereichen realisiert werden dürfen, in denen eine Mehrfachunterteilung des Leiters nicht zwingend vonnöten ist. Trotz dieser Tatsache kann ein erfindungsgemäßer Stromleiter mit mehreren Aussparungen auch dann nützlich sein, wenn die Meßsignale, die in der Umgebung verschiedener erfindungsgemäßer Aussparungen aufgenommen werden, mathematisch geschickt miteinander verknüpft werden. Auf diese Weise können Störfelder noch wirkungsvoller unterdrückt werden als durch die Aufzeichnung eines Gradienten.

Wie schon mehrfach erwähnt, sind vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sowohl mit monolithisch oder auf andere Art integrierten Gradiometern als auch mit geeigneten Anordnungen von Absolutfeldmeßgeräten möglich.

Bei dem Einsatz von Gradiometern ist die Empfindlichkeitsrichtung der magnetfeldempfindlichen Bereiche derselben zu beachten. Insbesondere bei einer Vorrichtung gemäß der DE 43 00 605 C2 ist es vorteilhaft, den in der zitierten Veröffentlichung beschriebenen Sensorchip so auszurichten, daß das Basissubstrat desselben gegenüber der Fläche, die von der Stromflußrichtung und den Mittelpunkten der Querschnittsflächen der beiden Leiterteile, die eine erfindungsgemäße Aussparung umgeben, aufgespannt wird, um etwa 45° geneigt ist. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß die Feldlinien die magnetoresistiven Bereiche in besonders vorteilhafter Form durchdringen.

Bei anderen Magnetfeldgradiometern, die auf der Basis des GMR, des CMR, des Halleffektes oder anderer magnetfeldempfindlicher Effekte funktionieren können, erscheint allein schon aus fertigungstechnischen Gründen die zu dieser Fläche annähernd orthogonale Ausrichtung des Gradiometers als vorteilhaft. Natürlich erscheint es auch möglich, auf der Basis des AMR einen Sensor zu bauen, dessen magnetoresistive Bereiche so ausgeformt sind, daß eine gerade Ausrichtung des Sensors auch physikalisch vorteilhaft wird. Insbesondere bei auf der Basis des Halleffektes arbeitenden Gradiometern, deren magnetfeldempfindliche Bereiche planar auf einem Basissubstrat aufgebracht sind, erscheint eine Ausrichtung des Basissubstrats parallel zu der vorgenannten

Fläche als vorteilhaft. Unabhängig von diesen Überlegungen erscheint es möglich, mit einem Großteil der vorgenannten Effekte Gradiometer zu bauen, die sich in der einen oder anderen Weise physikalisch vorteilhaft und fertigungstechnisch günstig in der erfindungsgemäßen Aussparung oder in ihrer Umgebung anordnen lassen.

Bei der Verwendung von Anordnungen von Absolutfeldmeßgeräten und/oder Gradiometern sind verschiedene Anordnungen denkbar.

Vorteilhafte Anordnungen dieser Meßgeräte sollen zunächst lediglich am Beispiel eines Leiters mit einer erfindungsgemäßen Aussparung näher erläutert werden, um den Umfang des folgenden Textes in Grenzen zu halten:

Um die Vorteile dieser Anordnungen auszunutzen, erscheint es zunächst vorteilhaft, eine gerade Anzahl von Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßgeräten gleicher Bauart symmetrisch in einer erfindungsgemäßen Nut oder deren Umgebung anzuordnen, wobei die Ausgangssignale der jeweiligen Meßgeräte in der Umgebung einer Aussparung durch geeignete mathematische Operationen wie beispielsweise die Subtraktion insbesondere so miteinander verknüpft werden, daß die Störanteile minimiert werden.

Desweiteren kann es auch vorteilhaft sein, eine solche Meßanordnung durch geeignete Maßnahmen wie die bewußte asymmetrische Anbringung derselben zu dejustieren um den Meßbereich der Anordnung zu verschieben oder auszuweiten. Maßnahmen dieser Art erscheinen besonders sinnvoll, da der Magnetfeldgradient, der in der erfindungsgemäßen Aussparung erzeugt wird, in der Regel von relativ geringem Betrag ist:

Ein u-förmiger Stromleiter dreht bekanntlich die Stromflußrichtung um 180°. So ist der Magnetfeldgradient in einer Ebene oberhalb des Stromleiters parallel zur Basisbreite des Sensors (vergleiche DE 43 00 605 C2 oder Fig. 3) oft größer als der Magnetfeldgradient einer erfindungsgemäßen Anordnung bei gleichem Primärstrom.

Maßnahmen wie die bewußte Dejustage der Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßgeräte gegenüber dem Nulldurchgang des magnetischen Feldes können durch elektronische Maßnahmen oder Kalibrierung in geeigneter Weise flankiert oder ausgeglichen werden.

Zu den Maßnahmen, die ebenfalls zur Optimierung des magnetischen Flusses in der Umgebung einer erfindungsgemäßen Aussparung beitragen können, gehört die Anordnung von Bauteilen aus Materialien, die den magnetischen Fluß in geeigneter Form führen können. So kommt es zu einer erheblichen Steigerung des magnetischen Flusses in der erfindungsgemäßen Aussparung, wenn der Leiter teilweise mit Ferritmaterial umhüllt wird. Auch diese Maßnahme kann sowohl mit dem Ziel durchgeführt werden, den Magnetfeldgradienten symmetrisch zum Nulldurchgang des magnetischen Feldes auf die Bedürfnisse der Anwendung und der Meßvorrichtung zu optimieren, als auch mit der Absicht, ein zum Nulldurchgang asymmetrisches Feld zu erzeugen.

Zur Realisierung der letztgenannten Absicht ist es ebenfalls möglich, den gesamten erfindungsgemäßen Stromleiter in Stromflußrichtung asymmetrisch zu der Aussparung auszulegen. Auf diese Weise werden auf beiden Seiten der Aussparung unterschiedliche Ströme oder Stromflußdichten zustande kommen, was den gewünschten obengenannten Effekt zur Folge hat.

Es ist vor dem Hintergrund des Standes der Mikrosystemtechnik – wie beispielsweise der Flipchiptechnologie – unter anderem vorteilhaft, die Gradiometer oder Magnetfeldmeßgeräte zunächst auf einem oder mehreren Trägern wie zum Beispiel Folien zu befestigen und das entstandene Mikrosystem in oder in der Nähe der Aussparung zu positionieren. Auf diese Weise wird ein besonders kostengünstiger und

einfacher Aufbau realisiert.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung liegt in der Möglichkeit begründet, ein oder mehrere Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßsysteme so zu fertigen, daß es oder sie in der erfindungsgemäßen Aussparung relativ genau positioniert oder befestigt werden können. Auf diese Weise entfällt die relativ aufwendige Positionierung des Meßsystems zum Leiter, die normalerweise notwendig ist, um eine genaue Messung mit hinreichendem Meßbereich zu gewährleisten.

Erfindungsgemäße Vorrichtungen stellen die insbesondere für die potentialfreie Strommessung nützlichen Magnetfeldgradienten zur Verfügung, so daß es in verschiedenen Strom- oder Temperaturbereichen oder unter dem Einfluß sonstiger unterschiedlicher Umweltbedingungen vorteilhaft erscheint, mit unterschiedlichen Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßgeräten, die auf der Basis einer Vielzahl verschiedener Prinzipien oder Effekte arbeiten, gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zu messen.

Die gewonnenen Meßwerte werden natürlich oft auch zur Ableitung oder Ermittlung verwandter Größen wie Spannung oder Leistung dienen.

Insbesondere im Hochstrombereich kann aufgrund des Vorkommens großer Störfelder eine magnetische Abschirmung der gesamten Vorrichtung oder eines Teils derselben notwendig werden. Aufgrund der außerordentlichen Kompaktheit derselben ist auch eine solche Abschirmvorrichtung mit geringem Aufwand zu realisieren.

Bei Kurz- oder Erdschlüssen fließen schon bei Geräten mit niedrigen Nennströmen zeitweise sehr hohe Ströme, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren leicht detektiert werden können. Die Ausgangssignale der Meßgeräte können dann beispielsweise zur Überwachung verwendet werden.

Aufgrund der Kompaktheit der Vorrichtung und der damit verbundenen Möglichkeit der einfachen magnetischen Abschirmung eignet sich das Verfahren natürlich besonders gut dazu, auf relativ engem Raum mehrere Ströme mit Hilfe mehrerer erfindungsgemäßer Stromleiter zu detektieren.

Eine weitere kostengünstige Möglichkeit der Strommessung ergibt sich ebenfalls aus der Abschirmung oder Abschirmbarkeit der Erfindung: Sind bei einer Anwendung nur minimale Störfelder am Orte der Magnetfeld- beziehungsweise Magnetfeldgradientenmessung zu erwarten, so genügt es, nur auf einer Seite des Nulldurchgangs des magnetischen Feldes zu messen. Eine solche Messung kann schon mit einem Absolutfeldmeßgerät durchgeführt werden.

Die vorzugsweise industrielle Vorfertigung der gesamten Einheit als Vorrichtung zur potentialfreien Strommessung verspricht eine erhebliche Senkung der Stückkosten. Einheiten dieser Art können insbesondere an ihren Leiterenden in geeigneter Weise mit den Stromleitern, die den zu messenden Strom führen, verbunden werden. Besonders günstig sind in diesem Zusammenhang Steckverbindungen, mit denen beispielsweise Breitbandkabel an die Einheiten angeschlossen werden können.

Eine andere vorteilhafte Art, erfindungsgemäße Vorrichtungen zu fertigen, dürfte beispielsweise im Automobilbau von Interesse sein:

Hier könnte der erfindungsgemäße, gradientenbildende Leiter bereits als Teil eines Zielgerätes gefertigt werden. Ein solches Zielgerät kann zum Beispiel ein leistungsstarker Generator, eine herkömmliche Lichtmaschine, eine Brennstoffzelle oder ein Sicherungskasten sein. Bauteile dieser Art werden in außerordentlich hohen Stückzahlen und damit zu relativ niedrigen Kosten gefertigt. Auch die Realisierung von erfindungsgemäßen Aussparungen in den Stromleitern dieser Zielgeräte dürfte daher auf kostengünstige Weise möglich sein. Die zur Messung der gebildeten Magnetfeld-

gradienten geeigneten Vorrichtungen könnten dann als vorgefertigtes und auf die Anwendung abgestimmtes Mikrosystem angeliefert und in der Umgebung der erfindungsgemäßen Aussparungen positioniert werden.

Fertigungstechnische Maßnahmen der vorgenannten Art sind natürlich in verschiedenen Ausprägungen vorteilhaft und dürften in unterschiedlichen Branchen Verwendung finden.

Wie oben bereits erwähnt, bringt die Verwendung eines erfindungsgemäßen Leiters mit mehreren Aussparungen verschiedene Vorteile mit sich. Zunächst ist es möglich, den Primärstrom durch die mehrfache Schlitzung des Leiters so zu führen, daß die verwendeten Meßgeräte in ihrem Nennstrombereich arbeiten.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit der Auswertung der verschiedenen Gradienten:

Die in der Umgebung verschiedener Aussparungen gewonnenen Meßwerte können in einer Weise mathematisch miteinander verknüpft werden, die zu einer weiteren Minimierung oder Eliminierung der Störanteile geeignet ist.

Zum Zwecke einer möglichst effektiven Auswertung dieser Signale kann es auch vorteilhaft sein, die Messung der verschiedenen Magnetfeldgradienten mit unterschiedlichen Verfahren durchzuführen.

Im folgenden wird die der Erfindung zugrundeliegende Problemstellung, die Erfindung und einige bevorzugte Ausführungsformen derselben anhand von Zeichnungen erläutert:

Es zeigen:

Fig. 1 Das Aufbauprinzip eines herkömmlichen Hallwandlers mit Flußkonzentration.

Fig. 2 Die Gradientenbildung wie sie in der DE 43 00 605 C2 gezeigt wird anhand einer Skizze.

Fig. 3 Die potentialfreie Strommessung mit zwei Absolutfeldmeßgeräten wie sie von der DE 44 34 417 A1 vorgeschlagen wird.

Fig. 4 Eine Skizze eines Beispiels eines geschlitzten, erfindungsgemäßen Stromleiters und des Feldlinienverlaufs in seiner Umgebung.

Fig. 5 Ein Beispiel eines erfindungsgemäßen Stromleiters, der aus zwei leitfähigen Teilen zusammengesetzt ist.

Fig. 6 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Leiter mit einer Nut.

Fig. 7 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen geschlitzten Leiter mit einem Gradiometer.

Fig. 8 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen geschlitzten Leiter mit einem geeigneten Gradiometer.

Fig. 9 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen geschlitzten Leiter mit einer Anordnung von zwei Absolutfeldmeßgeräten.

Fig. 10 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen geschlitzten Leiter mit einem Schlitz, der zur Führung des magnetischen Flusses in beispielhafter Form geführt ist und in dessen Schlitz ein Mikrosystem eingepaßt ist.

Fig. 11 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen geschlitzten Leiter, an dem zusätzliche Bauteile zur magnetischen Flußführung abgebracht sind.

Fig. 12 Einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Leiter mit zwei Schlitzten, die eine unterschiedliche Breite aufweisen, wobei am Primärleiter ein zusätzliches Bauteil zur magnetischen Flußführung abgebracht ist.

Fig. 1 zeigt das Aufbauprinzip eines handelsüblichen Hallwandlers, bei dem ein Ferrit- oder Eisenkern (5) den magnetischen Fluß eines Stromleiters (3) führt (18), was zu konzentriertem magnetischen Fluß (6) in der Umgebung des Hallwandlers führt. Bei diesem Aufbauprinzip werden insbesondere bei hohen Strömen voluminöse Eisen- oder Ferritkerne verwendet.

Fig. 2 zeigt eine Magnetfeldgradientenbildung wie sie in der DE 43 00 605 C2 und der US 5 548 208 vorgeschlagen wird, die bei Verwendung eines empfindlichen Meßsystems (1) ohne eine aufwendige magnetische Flußführung auskommt. Der in diesem Fall u-förmig ausgeprägte Primärstromleiter (3) erzeugt einen Magnetfeldgradienten, der das Gradiometer durchsetzt. Auf diese Weise ist es möglich, bei der Auswertung die Anteile der Störfelder zu minimieren.

Fig. 3 zeigt eine Vorrichtung, die unter anderem von der DE 44 34 417 A1 vorgeschlagen wird. Ein gerader Stromleiter (3) besitzt ein Magnetfeld mit annähernd kreisförmigen Feldlinien (7), dessen Verformungen durch den Querschnitt des Leiters zustande kommen können. Dieses Magnetfeld durchsetzt zwei Absolutfeldmeßgeräte (1), die von dem Magnetfeld in entgegengesetzter Richtung durchdrungen werden. Die Auswertung der Ausgangssignale der beiden Meßgeräte erfolgt beispielsweise mit Hilfe eines Subtrahierers. Auf diese Weise fallen die Störanteile homogener externer Störfelder weitgehend weg. Die Höhe der verbleibenden Störanteile hängt jedoch von dem Abstand der Meßgeräte zueinander ab, der wiederum mit dem Durchmesser des Leiters zusammenhängt.

Fig. 4 zeigt einen erfindungsgemäßen geschlitzten Primärleiter (3) und den von dem Primärstrom hervorgerufenen Feldlinienverlauf (7) in der Umgebung des erfindungsgemäßen Schlitzes (8).

Fig. 5 zeigt dieselbe Skizze, wobei der Primärleiter (3) sich aus den leitfähigen Bauteilen 12 und 13 zusammensetzt, die an der Stoßlinie 14 miteinander insbesondere leitfähig verbunden sind. Diese Skizze illustriert lediglich, daß der erfindungsgemäße Primärleiter aus einer Mehrzahl geeigneter Bauelemente zusammengesetzt sein kann.

Fig. 6 zeigt einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Primärleiter (3), der statt einem durchgehenden Schlitz eine Nut (9) als erfindungsgemäße Aussparung aufweist. Der Verlauf der Feldlinien ist in dieser Figur lediglich skizziert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit beschränken sich die folgenden Figuren auf die Darstellung von Ausführungsbeispielen, die mit einem durchgängigen erfindungsgemäßen Schlitz versehen sind.

Fig. 7 zeigt einen Querschnitt durch einen solchen erfindungsgemäßen Stromleiter (3). In der erfindungsgemäßen Aussparung befindet sich ein Magnetfeldmeßgerät (1), das in diesem Ausführungsbeispiel als Magnetfeldgradientenmeßgerät ausgelegt ist. Die Anordnung dieses Gradiometers ist symmetrisch zum Nulldurchgang des magnetischen Feldes. Das Basissubstrat des Gradiometers ist etwa parallel zu der Fläche, die von der Stromflußrichtung und den Mittelpunkt der beiden Leiterteile aufgespannt wird. Das Maß (B) bezeichnet die Basisbreite des Gradiometers, die insbesondere durch den Abstand verschiedener magnetfeldempfindlicher Schichten, die den Magnetfeldgradienten hier zu beiden Seiten des Nulldurchganges messen, gegeben ist.

Fig. 8 zeigt eine im wesentlichen identische Querschnittszeichnung, bei der das Gradiometer (1) um etwa 45° gegenüber dieser Fläche geneigt ist.

Bei **Fig. 9** sind zwei Absolutfeldmeßgeräte (1) in der erfindungsgemäßen Aussparung angebracht. Sie sind an einem geeigneten Träger (10) befestigt. Der Abstand der beiden Meßgeräte (1) beziehungsweise ihrer magnetfeldempfindlichen Schichten ist hier ebenfalls mit (B) bezeichnet. Er entspricht in physikalischem Sinn der Basisbreite des Gradiometers in **Fig. 7**.

Fig. 10 zeigt einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Stromleiter (3), der eine Aussparung (8) aufweist, deren Ausrichtung weniger von fertigungstechnischen als von physikalischen Überlegungen geprägt wurde. Dieser speziellen Ausrichtung kommt jedoch auch nur beispiel-

hafte Bedeutung zu. Darüber hinaus zeigt **Fig. 10** ein Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßgerät (1), das in einen Teil eines Mikrosystems (11) eingefügt ist, das in die Aussparung (8) paßt und dort mit hinreichender Genauigkeit und geringem Aufwand zu positionieren ist.

Fig. 11 zeigt einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Stromleiter (3), der von Bauteilen (16, 17) aus einem Material umgeben ist, das geeignet ist, den magnetischen Fluß zu führen. Ein solches Material ist beispielsweise Ferrit. Durch diese Maßnahme wird der Fluß innerhalb des Materials in weniger konzentrierter Form (18) geführt und eine Konzentration oder Hinführung des magnetischen Flusses beispielsweise am Orte der Messung desselben erreicht. Wird eines der beiden Bauteile (16, 17) weggelassen oder werden die beiden Bauteile mit unterschiedlicher Größe oder unterschiedlichem Material ausgefertigt, so entsteht ein zu der erfindungsgemäßen Aussparung asymmetrisches Gradientenfeld.

Fig. 12 zeigt einen Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Leiter (3), der mit zwei Aussparungen versehen ist und zwei Gradienten bildet. Dieser Leiter bildet jedoch ein asymmetrisches Gradientenfeld, da der linke Schlitz (8) breiter ist als der rechte und das linke Leiterteil über ein Bauteil zur magnetischen Flußführung verfügt (16). Durch diese Maßnahme wird der magnetische Fluß konzentriert (6), so daß das linke Magnetfeldgradientenmeßgerät (1), das anders beschaffen ist als das rechte Meßgerät, einem asymmetrischen Magnetfeld ausgesetzt ist. Diese letzte Figur dient vor allem der beispielhaften Veranschaulichung der Vielfalt der Ausführungsformen der Erfindung.

Weitere Vorrichtungen mit mehreren erfindungsgemäßen Aussparungen sind an dieser Stelle nicht dargestellt, um die Zahl der Figuren nicht noch weiter zu erhöhen.

Auch andere Maßnahmen zur Herstellung eines asymmetrischen Gradientenfeldes oder zur asymmetrischen Positionierung des Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßsystems sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht anhand von Zeichnungen dargestellt. Auch auf die Darstellung runder, ellipsoider, dreieckiger, vieleckiger oder in sonstiger Weise geformter Leiterquerschnitte wurde lediglich aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet.

Bezugszeichenliste

- | | |
|---|----|
| 1 Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßgerät, beziehungsweise Absolutfeldmeßgerät oder Gradiometer | 45 |
| 2 Hallwandler | |
| 3 Primärleiter | |
| 4 potentialtrennendes Substrat | |
| 5 Ferrit oder Eisenkern | 50 |
| 6 konzentrierter magnetischer Fluß | |
| 7 Feldlinien des primären Magnetfeldes | |
| 8 Schlitz oder Aussparung | |
| 9 Nut oder Aussparung | |
| 10 Trägermaterial, beispielsweise Folie | 55 |
| 11 Teil des Mikrosystems, beispielsweise aus geeigneter Vergußmasse bestehend | |
| 12 leitfähiges Bauteil | |
| 13 leitfähiges Bauteil | |
| 14 Stoßlinie zwischen den leitfähigen Bauteilen | 60 |
| 15 Anschlüsse der Absolutfeldmeßgeräte und Auswertelektronik, beispielsweise Subtrahierer | |
| 16 Bauteil aus einem Material, das den magnetischen Fluß führt, beispielsweise Ferrit | |
| 17 Bauteil aus einem Material, das den magnetischen Fluß führt, beispielsweise Ferrit | 65 |
| 18 "geführter" weniger konzentrierter magnetischer Fluß | |
| B Basisbreite eines Gradiometers, Abstand zwischen zwei | |

Absolutfeldmeßgeräten oder ähnliches

Patentansprüche

1. Vorrichtung und Verfahren zur potentialfreien Strommessung durch die Aufzeichnung des von dem jeweiligen primären Strom verursachten Magnetfeldes beziehungsweise des oder der Magnetfeldgradienten, **dadurch gekennzeichnet**,

a) daß die Bildung des oder der Magnetfeldgradienten jeweils durch einen Leiter erfolgt, der mit einer oder mehreren geeigneten Aussparungen, beispielsweise Nuten oder Schlitzen, versehen und am Orte der Messung vorzugsweise gerade ausgeprägt ist, oder

b) durch die entsprechende geeignete Anordnung der leitfähigen Bauteile, die einen am Orte der Messung vorzugsweise geraden Stromleiter mit einer oder mehreren entsprechenden Aussparungen bilden, erfolgt und daß die Messung des Magnetfeldes oder des Magnetfeldgradienten jeweils durch geeignete Vorrichtungen in der Umgebung einzelner Aussparungen vorgenommen wird.

2. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung einzelner oder mehrerer erfindungsgemäß gebildeter Gradienten jeweils mit einem magnetischen Gradiometer oder einer Anordnung magnetischer Gradiometer vorgenommen wird.

3. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung einzelner oder mehrerer erfindungsgemäß gebildeter Gradienten jeweils mit einem oder einer geeigneten Anordnung von Absolutfeldmeßgeräten vorgenommen wird.

4. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die Messung einzelner oder mehrerer erfindungsgemäß gebildeter Gradienten jeweils ein Gradiometer verwendet wird, dessen Basissubstrat gegenüber der Fläche, die von der Stromflußrichtung und den Mittelpunkten der beiden Leiterteile, die die jeweilige Aussparung bilden, aufgespannt wird,

a) um etwa 45° geneigt oder

b) etwa orthogonal oder

c) etwa parallel ausgerichtet ist, wobei die Aussparungen, Nuten oder Schlitze des geraden Leiters entsprechend geformt sind, um den magnetischen Fluß gegebenenfalls in einer für die jeweiligen Gradiometer geeigneten Weise zu führen und die jeweiligen Gradiometer selbst gegebenenfalls aufzunehmen.

5. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Messung einzelner oder mehrerer Gradienten jeweils eine geeignete Anordnung von Absolutfeldmeßgeräten oder Gradiometern verwendet wird, die

a) aus einer geradzahligen Anzahl gleichartiger oder ähnlicher Absolutfeldmeßgeräte besteht, die vorzugsweise symmetrisch zum Nulldurchgang des magnetischen Feldes in der jeweiligen Aussparung, beziehungsweise der Nut oder dem Schlitz in dem Primärleiter angebracht sind oder

b) aus einem oder mehreren Gradiometern be-

- steht, dessen oder deren magnetfeldempfindliche Bereiche in der jeweiligen Aussparung, beziehungsweise der Nut oder dem Schlitz symmetrisch zum Nulldurchgang des magnetischen Feldes in der Aussparung in dem Primärleiter angeordnet sind. 5
6. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die Messung einzelner oder mehrerer erfindungsgemäßer Gradienten jeweils eine geeignete Anordnung von Absolutfeldmeßgeräten oder Gradiometern verwendet wird, die eine oder verschiedene Asymmetrien in der Anordnung oder Kalibrierung ihrer magnetfeldempfindlichen Bereiche zum Nulldurchgang des magnetischen Feldes aufweisen, die beispielsweise 10
- a) in der Anordnung einer ungeradzahligen Anzahl gleichartiger oder ähnlicher Absolutfeldmeßgeräte oder Gradiometer im Bereich des Nulldurchgangs besteht, 15
 - oder
 - b) in der Anordnung verschiedenartiger oder verschiedenartig kalibrierter Absolutfeldmeßgeräte oder Gradiometer besteht, 20
 - oder
 - c) in der asymmetrischen Anordnung symmetrischer Gradiometer oder von Anordnungen von Absolutfeldmeßgeräten zum Nulldurchgang des magnetischen Feldes besteht, 25
- wobei die Ausgangssignale der jeweiligen Magnetfeldmeßsysteme durch geeignete mathematische Operationen wie beispielsweise die Subtraktion insbesondere so miteinander verknüpft werden, daß die Störanteile minimiert werden. 30
7. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erfindungsgemäße Primärstromleiter ganz oder teilweise von einem zur Führung des magnetischen Flusses geeigneten Material umgeben ist, um den magnetischen Fluß so zu führen, daß er auf die Anforderungen der jeweiligen Anwendung und des oder der verwendeten Magnetfeldmeßgeräte abgestimmt ist, wobei die Anordnung dieses Materials symmetrisch oder asymmetrisch zu der oder den erfindungsgemäßen Aussparungen, den erfindungsgemäßen Nuten, beziehungsweise den erfindungsgemäßen Schlitzen ausgeprägt sein kann, um den Magnetfeldgradienten auf die Anforderungen der Anwendung und der oder des verwendeten Magnetfeldmeßgerätes zu optimieren. 35
8. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erfindungsgemäße Primärstromleiter in der Stromflußrichtung asymmetrisch zu der oder den erfindungsgemäßen Aussparungen, beziehungsweise den erfindungsgemäßen Nuten oder den erfindungsgemäßen Schlitzen ausgeprägt ist, um den Magnetfeldgradienten zu optimieren. 40
9. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Gradiometer oder die Anordnung von Absolutfeldmeßgeräten an einer oder mehreren Trägern wie zum Beispiel geeigneten Folien oder Drähten mit mikrosystemtechnischen Mitteln befestigt und zusammen mit dieser oder diesen Trägern in einzelnen oder mehreren erfindungsgemäßen Aussparungen oder ihrer Umgebung positioniert werden. 45
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßsysteme so gefertigt sind, daß es oder sie jeweils relativ genau in einzelne oder mehrere 50

- erfindungsgemäße Aussparungen, erfindungsgemäße Nuten, beziehungsweise erfindungsgemäße Schlitze hineinpassen und mit einfachen Mitteln dort mit hinreichender Genauigkeit befestigt werden können.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das oder die Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßsysteme
- a) auf der Basis des Hall Effektes arbeiten oder
 - b) auf der Basis des Hall Effektes arbeiten und insbesondere mikrosystemtechnisch integrierte Flußkonzentratoren verwenden oder
 - c) auf der Basis des Hall Effektes arbeiten und insbesondere besonders geformte magnetfeldempfindliche Bereiche enthalten, die beispielsweise mit Standardverfahren der Halbleiterherstellung wie CMOS oder BICMOS Technologie hergestellt worden sind oder
 - d) auf der Basis des anisotropen, gigantischen, kolossalen oder anderen magnetoresistiven Effektes (AMR, GMR, CMR) arbeiten oder
 - e) das transformatorische Prinzip verwenden oder
 - f) auf der Basis des Josephson Effektes arbeiten oder
 - g) andere physikalische Effekte und Prinzipien verwenden, die bei Anlegen eines Magnetfeldes oder Magnetfeldgradienten geeignete Ausgangssignale liefern, oder
 - h) mehrere der vorgenannten Prinzipien oder Effekte verwenden.
12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß von Strom ableitbare Größen wie zum Beispiel Spannung oder Leistung ermittelt werden.
13. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte Vorrichtung oder nur ein Teil von ihr durch geeignete Maßnahmen wie zum Beispiel die Anbringung eines zusätzlichen Metallteils gegen äußere Störfelder abgeschirmt wird.
14. Vorrichtung oder Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale der Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßsysteme zur Detektion von Überströmen genutzt werden.
15. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung mehrerer Ströme in mehreren Leitern eine entsprechende Anzahl erfindungsgemäßer Vorrichtungen verwendet wird.
16. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung einzelner oder mehrerer erfindungsgemäß gebildeter Gradienten jeweils vorzugsweise mit einem Absolutfeldmeßgerät lediglich eine magnetische Flußrichtung des Gradientenfeldes auf einer Seite des Nulldurchgangs des magnetischen Feldes aufgezeichnet und zur Auswertung herangezogen wird.
17. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die gesamte erfindungsgemäße Vorrichtung als Einheit zur potentialfreien Strommessung vorgefertigt wird und mit geeigneten Verfahren insbesondere an den Leiterenden der vorgefertigten Einheit mit Stromleitern, die den zu messenden Strom führen, verbunden wird.
18. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erfindungsgemäße, gra-

dientenbildende Leiter bereits als Teil des Zielgerätes gefertigt wird beziehungsweise in diesem enthalten ist und die zur Messung des Gradienten geeigneten Vorrichtungen ebenfalls in weitgehend vorgefertigter Form in die Umgebung der erfindungsgemäßen Ausparungen gebracht und dort positioniert werden. 5

19. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere bei der Messung hoher Ströme die Meßwerte verschiedener Magnetfeld- oder Magnetfeldgradientenmeßsysteme, die in oder in der Umgebung verschiedener erfindungsgemäßer Ausparungen eines Leiters gemessen werden, bei der Auswertung in einer Weise mathematisch miteinander verknüpft werden, welche zur Minimierung oder Eliminierung der Störanteile geeignet ist. 10 15

20. Vorrichtung und Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung verschiedener Gradienten, die erfindungsgemäß durch einen geraden Leiter gebildet werden, durch unterschiedliche vorgenannte oder sonstige Verfahren erfolgt. 20

21. Vorrichtung und Verfahren nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

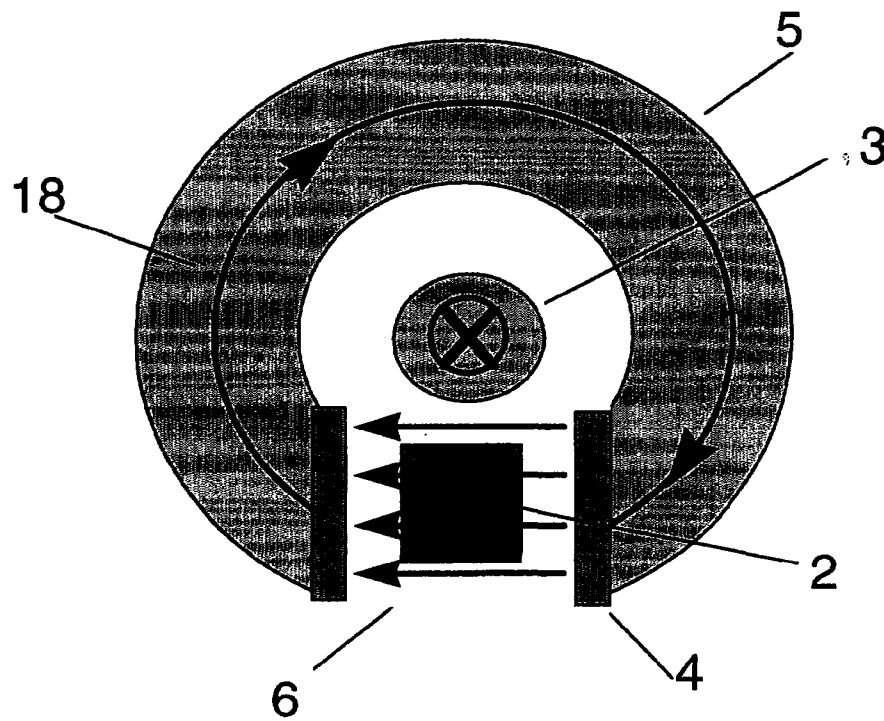
50

55

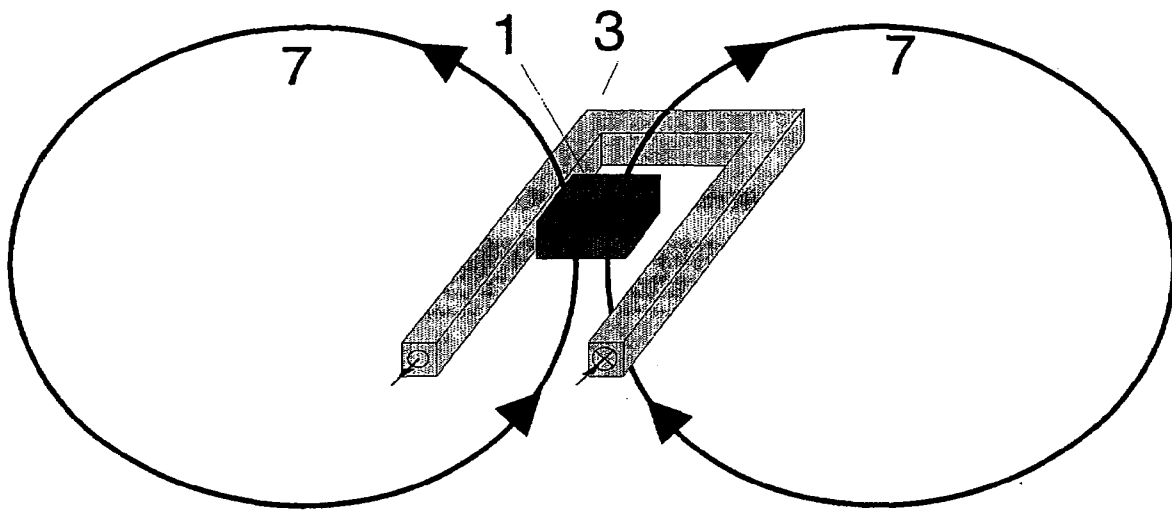
60

65

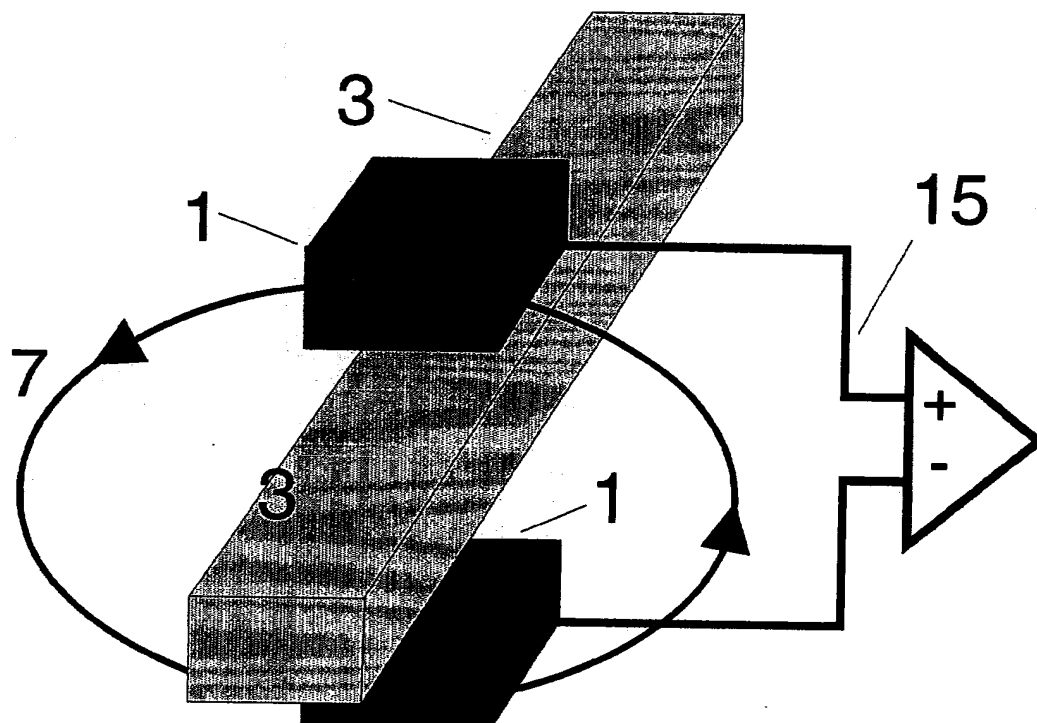
- Leerseite -



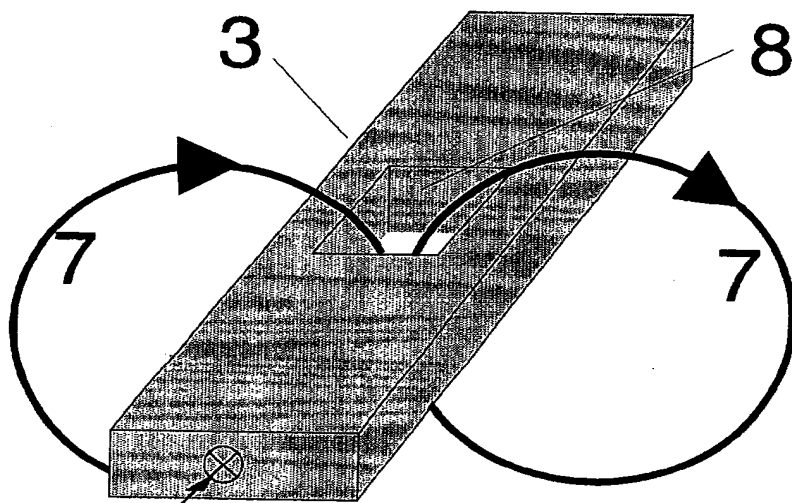
Figur 1



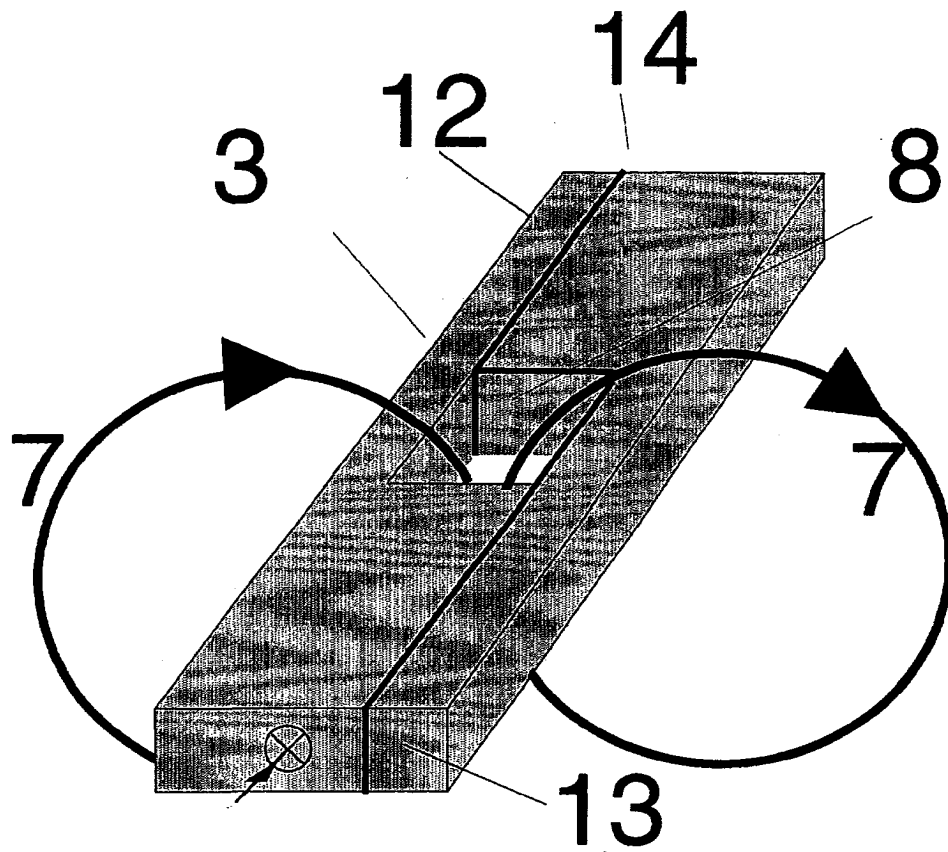
Figur 2



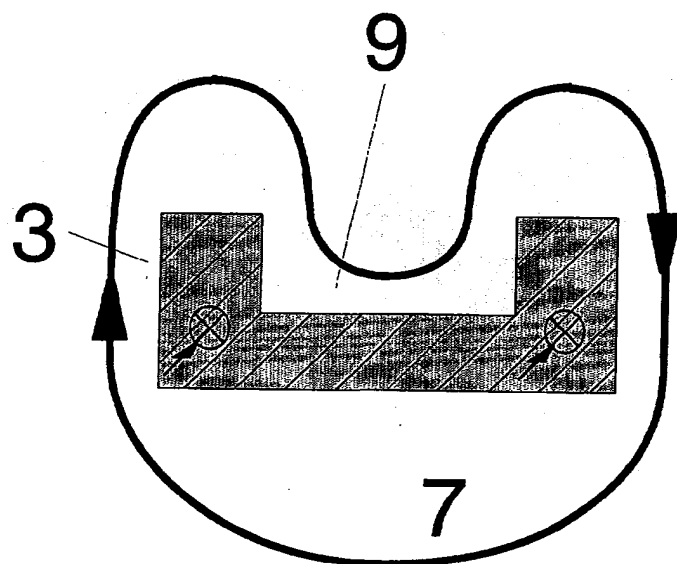
Figur 3



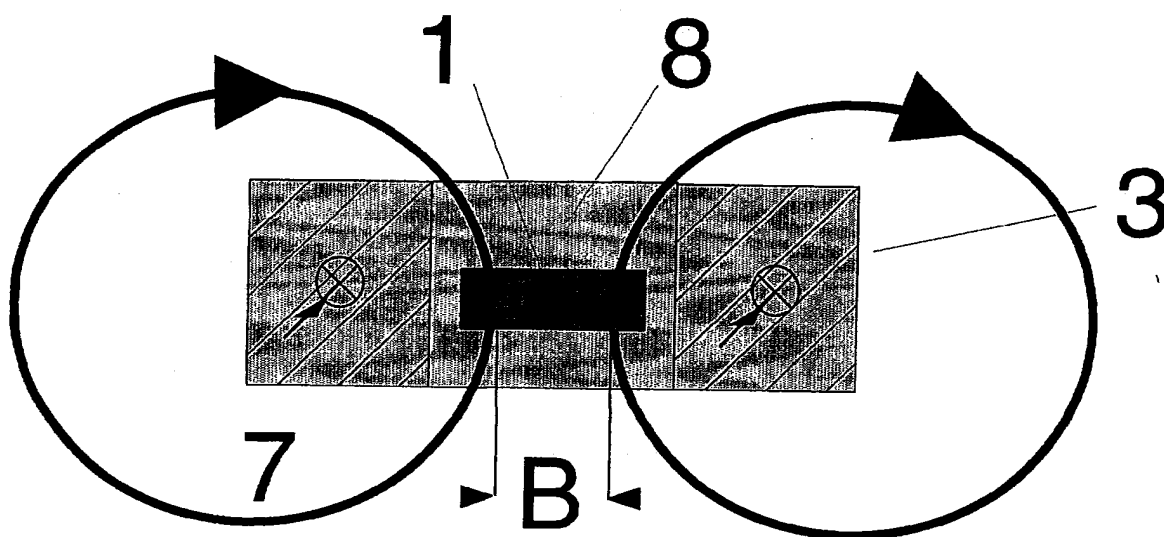
Figur 4



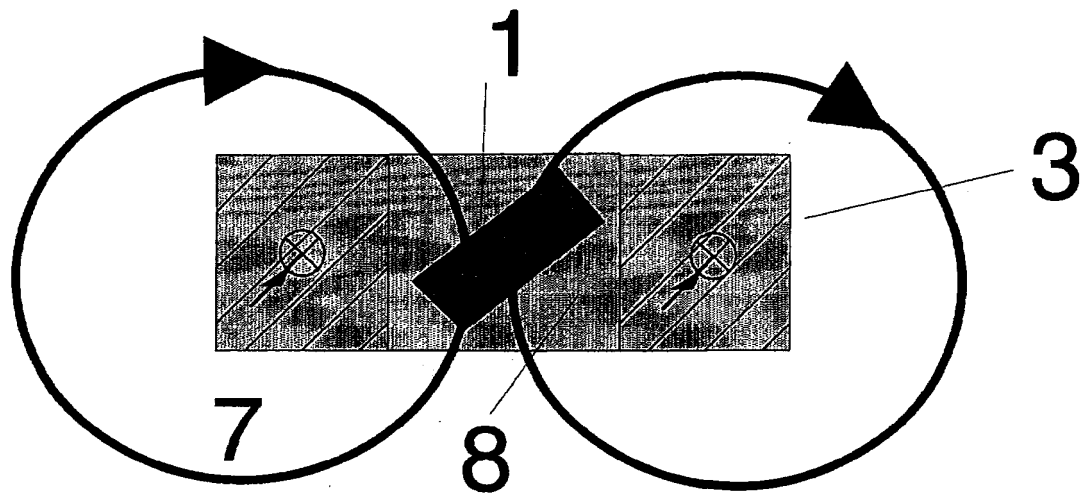
Figur 5



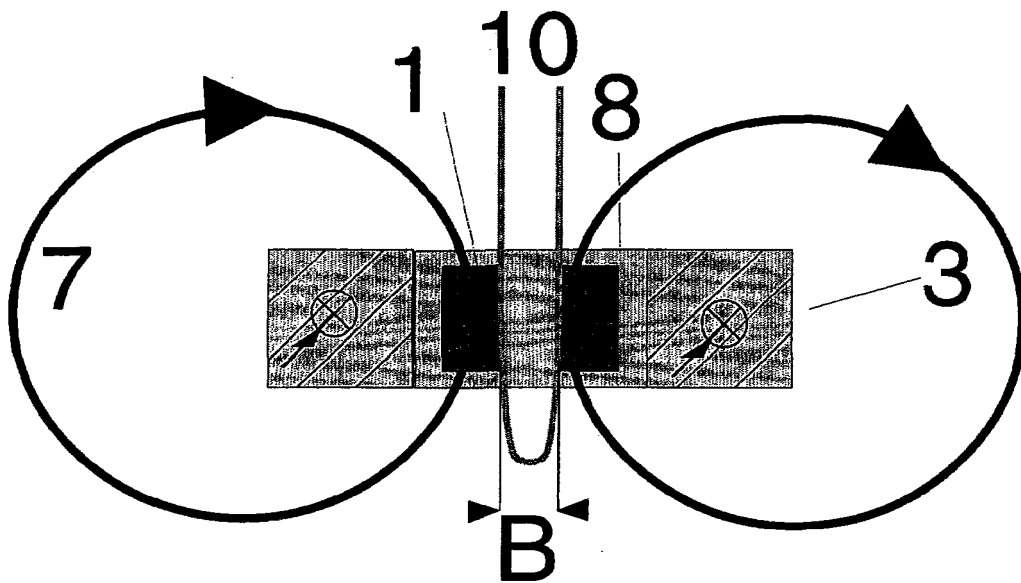
Figur 6



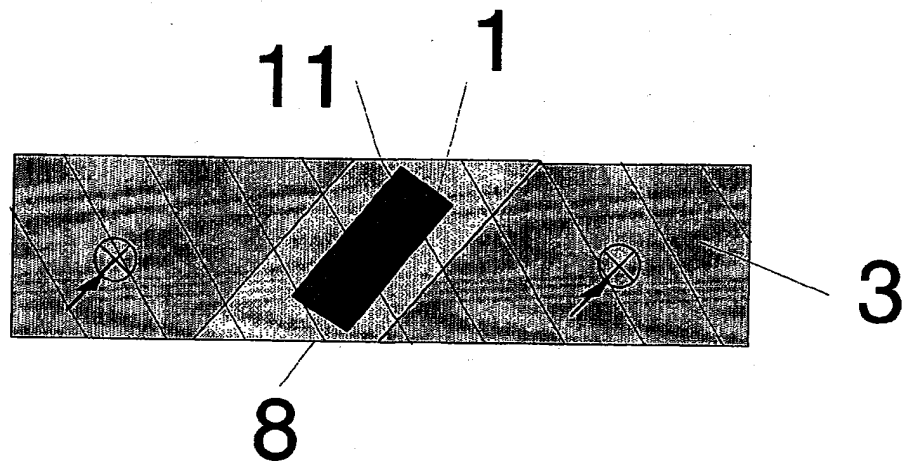
Figur 7



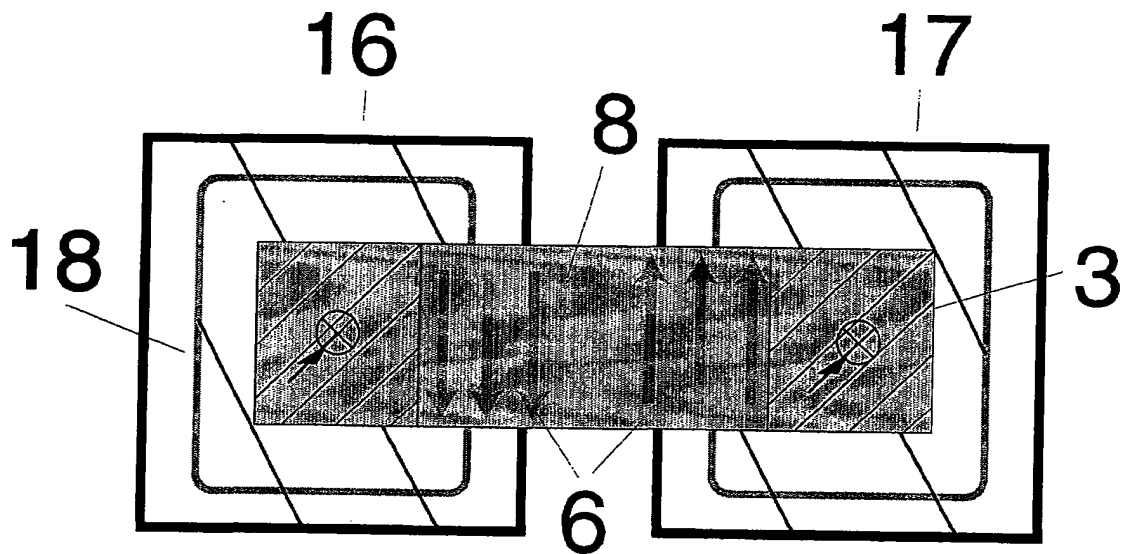
Figur 8



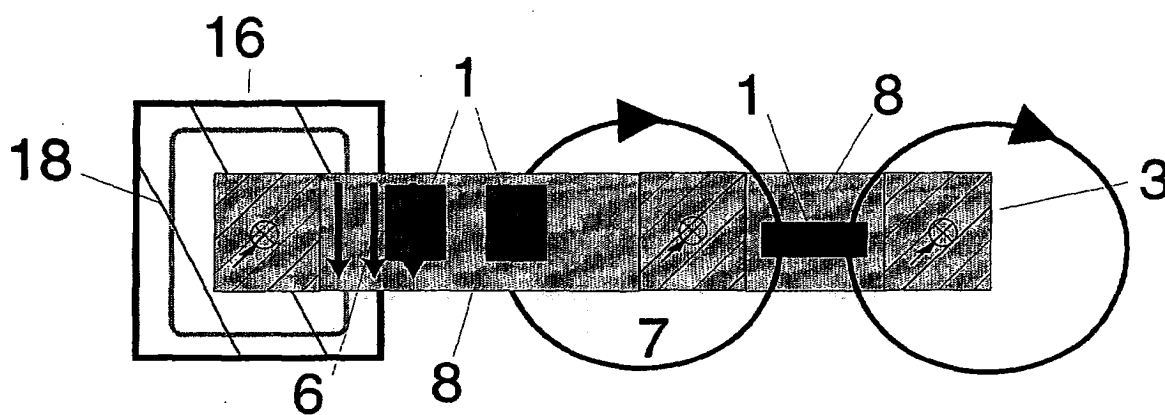
Figur 9



Figur 10



Figur 11



Figur 12



Europäisches
Patentamt
European Patent
Office
Office européen
des brevets

Description of DE19838536

Print

Copy

Contact Us

Close

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

The invention relates to an apparatus and a method to the formation or several magnetic field gradients by to locations of magnetic field measuring straight current conductor.

That or the developed magnetic field gradients are for the measurement floating of the current in the addressed, to locations of the magnetic field measuring of preferably straight implemented conductor to be preferably consulted.

It is known to measure currents floating by the recording of their magnetic field with the help of the Hall effect (Proceedings PCIM Hong Kong, October 1997, S. 129 FF.) at present commercial resounding transducers needs however relative expensive and in particular with the measurement of higher currents also bulky iron or ferrite cores for the concentration of the magnetic flux on the magnetic field-sensitive ranges of the respective converter (Fig. 1).

This circumstance, which is to due to the small magnetic field sensitivity of the mentioned commercial resounding transducers, has guided to the development of more sensitive resounding transducers and other magnetic field measuring instruments.

Like that are contained of the resounding transducers in the range or - sensors apparatuses known, on few square millimeters a large silicon substrate both a magnetic field-sensitive layer and river concentrators (EPFL/Sentron, Highly sensitive Hall sensor, display Hanover fair industry, 1998). An other feature of this apparatus lies in the embodiment of the magnetic field-sensitive layer ellipsenförmigen in vertical direction, which has an other increase of magnetic field sensitivity to the object.

Beyond that there is whole series of other methods for magnetic field measuring, which are floating suitable due to their sensitivity also without irons or ferrite cores for the current measurement.

Like that for a long time magnetic field measuring instruments known are, on the base of magnetoresistive effects like the anisotropic magnetoresistive effect (AMR) (magnetoresistive sensors III, conclusion range of the group project IMOMAG, BMFT promotion characteristic 13 mVs 0109-0120, Chapter 6.1, magnetic field sensor with integrated compensation line MSK 6) or the gigantic magnetoresistive effect (GMR) (magnetoresistive sensors IV, symposium and seminar on the present state at the 11. And 12 March 1997 in Wetzlar, Chapter "MR-sensor with Giantwiderstandsmaterialien: Powers and problems ") work known.

Beyond that it appears in future also more conceivable to manufacture such sensor systems on the base of the kolossalen magnetoresistive effect (CMR) (Ebenda S. 7 f.).

All sensor systems, which have a magnetic sensitivity, it them allowed, without measuring use of bulky iron cores of currents floating, is however a large sensitivity opposite perturbative fields own. Current for example by the fact it is met to this circumstance that become manufactured by a particular arrangement of the magnetoresistive materials, which come in the respective metre to the use Magnetfeldgradiometer, which exhibit a smaller sensitivity opposite homogeneous perturbative fields.

Thus for example the DE 43 00 describes 605 C2 a sensor chip, which is in particular on the base of the AMR functioned and in the layer to measure current by the recording of the magnetic field gradient floating. Natural ones are also apparatuses known, those on the base of the GMR (magnetoresistive sensors IV, symposium and seminar on the present state at the 11. And 12 March 1997 in Wetzlar, Chapter "MR-sensor with Giantwiderstandsmaterialien: Powers and problems " S. 4 FF.) or other magnetic field-sensitive effects works and than Gradiometer designed is.

Also, the particularly sensitive resounding sensors with soft magnetic river concentrators (EPFL/Sentron, Highly sensitive Hall sensor, display Hanover fair industry, 1998), already above presented, are lay outable also in principle as Gradiometer. For this purpose it requires only the application for example two of magnetic field-sensitive ranges on a silicon substrate and the suitable evaluation of the two resultant resounding tensions.

A disadvantage of the described principle lies in the circumstance to have to make magnetic field gradients available justified.

The DE 43 00 605 C2 and US 5,548,208 strikes for this purpose for example the u-shaped embodiment of the current conductor, becomes guided by which the primary current which can be measured, forwards (Fig. 2). The actual Magnetfeldgradiometer becomes preferably applied with these two publications on a potential-separating carrier material, which becomes fixed on the u-shaped primary leader.

The disadvantages of this principle lie however on the hand: It is to be led the necessary normally in straight current conductors flowing stream by an u-shaped primary leader. For this purpose in particular solid current conductors or broadband cables become interrupted and the leader ends in suitable form with the terminals of the u-shaped primary leader connected within the high current range. This method is relative expensive and particularly with usually and machine the manufacturing processes used in the construction of vehicles heavier compatible.

▲ top

Therefore also an arrangement known is, those using at least two magnetic field measuring instruments an insensitive current measurement without bulky iron or ferrite cores allowed, relative against homogeneous perturbative fields: With the DE 44 34 417 A1 become in particular two absolute field measuring instruments on preferably opposite sides of a straight conductor (parallel the current flow direction) arranged (Fig. 3). In this way ensured becomes that the circular magnetic field of the straight conductor the two metres in reverse direction penetrated. The output signals of both metres become from each other subtracted, so that the Störanteile of homogeneous perturbative fields are omitted to a large extent.

But also this invention exhibits immanent disadvantages. First two magnetic field measuring instruments and two potential-separating support substrates are to be used opposite the represented gradiometrischen principle. Beyond that the distance between the two magnetic field measuring instruments is not more selectable free, since it depends in particular on the diameter the primary leader.

This distance is however critical for the sensitivity of the arrangement opposite perturbative fields, since perturbative fields natural with the distance change. With simple mathematical means like the subtraction the influences of these perturbative fields are to be minimized with the evaluation of the output signals of the absolute field measuring instruments only sufficient ones, if these from approximate same perturbative fields penetrated become. With the use of Gradiometern the term "base width of the Gradiometers" corresponds to the explained above distance of the absolute field measuring instruments in its importance for the sensitivity of these apparatuses opposite perturbative fields.

The fact that the distance between the absolute field measuring instruments depends with the 44 34 417 A1 on the primary conductor cross section, is in particular in the high current range, which is both by large primary conductor cross sections, and characterized by high perturbative fields, of disadvantage.

The invention indicated in the claim 1 is the basis the problem, the disadvantages of the two described measurement methods, i.e. the use of an u-shaped primary leader with the gradiometrischen measurement method and the predetermined base width with the measurement method with at least two absolute field measuring instruments to eliminate. For this purpose will an apparatus and a method indicated, it the allowed to measure at a straight primary-carrier flow leader either with the help of one Gradiometers or at least two absolute field measuring instruments floating and bottom large elimination of external perturbative fields current.

This object becomes according to invention dissolved thereby,

a) that the formation or the magnetic field gradients in each case by a conductor of the made, which is with or several suitable recesses, for example grooves or slots, provided and to locations of the measurement preferably straight distinct,

or

b) by the corresponding suitable arrangement of the conductive components, which form to locations of the measurement preferably straight current conductor with or for several corresponding recesses, made and that the measurement of the magnetic field or the magnetic field gradient becomes in each case by suitable apparatuses in the environment single recesses made.

The invention the possible measurement of the magnetic field gradient for example in a groove in a solid current conductor. This measure leads to a more compact structure and smaller manufacturing costs, since opposite other Gradiometeranordnungen the need of the u-shaped embodiment of the primary leader is void. Opposite the described above arrangements with at least two absolute field measuring instruments, which are arranged outside of a straight conductor, the possibility of the implementation variable base widths independent of the primary conductor cross section is to be emphasized in particular. Here it is possible to give the desired base width by the type of the used Gradiometers or to attach and measure with their assistance the magnetic field gradients two or several absolute field measuring instruments in the desired distance from each other.

Furthermore can be assumed the measurement anyway is afflicted with smaller perturbative fields within or in close proximity of the recess located magnetic field gradients than the measurement of gradients or absolute fields far outside of the same. This effect seems to explain first with classical electrodynamics heavier, since the conductive materials, which form the current conductor according to invention, might ensure first only shield against electric fields.

The addressed phenomenon is to be due however more reproducible more measurable and most likely to eddy currents in the primary leader, that affects the causative alternate outside fields in particular absorbing.

To the addressed advantages, which predominantly physical type are, an other technical aspect is added:

With an apparatus in accordance with the DE 43 00 605 C2 is the accuracy with that the u-shaped primary leader to the actual magnetoresistive sensor element positioned becomes of great importance for the measurement accuracy and the measuring range of the Gradiometers. In analogy to this problem definition the distance and the symmetry of the absolute field measuring instruments are with an apparatus in accordance with the DE 44 34 417 A1 a critical magnitude, whose observance requires often additional effort.

A Gradiometer or an arrangement of absolute field measuring instruments, which magnetic field gradients measure can, with micro-system-oriented production methods manufactured and often with necessary evaluation electronics integrated will preferably become. Therefore the mechanical manufacturing tolerances in narrow boundaries will hold themselves.

The provision of a recess according to invention in the primary leader, which can become for example made by milling a groove, is likewise already with the means of classical mechanical engineering with an accuracy of some hundredths millimeters possible. To the connection of both components then only inexpensive ones are and in the construction of vehicles and machine conventional putting procedures or similar inexpensive manufacturing methods necessary, so that are required for the guarantee of the required positioning accuracy no more additional measures.

■ top An other advantage of the invention lies in the possibility to partition for example high currents in such a way by multiple slotted conductors that the gradients between the single leader stream do not become large for metres,

which are optimized for the measurement of smaller currents. This advantage weighs the heavier, since the large quantities and thus relative small manufacturing costs within current ranges might become realized, in which a multiple partitioning of the conductor not compellingly necessary is. Despite this fact a current conductor according to invention with several recesses can be also useful if the measurement signals, which become according to invention picked in the environment various recesses, become mathematical sent linked with one another. In this way perturbative fields can become still effectively suppressed as by the recording of a gradient.

Like already multiple mentioned, favourable embodiments of the invention are both with monolithic or on other type integrated Gradiometer and with suitable arrangements of absolute field measuring instruments possible.

With the use by Gradiometer the sensitivity direction of the magnetic field-sensitive ranges the same is to be considered. To align in particular with apparatus in accordance with DE 43 00 605 C2 is it favourable, in cited publication described sensor chip so that base substrate the same opposite surface, which is from the current flow direction and the centers of the cross-section areas of the two conductor portions, which a recess according to invention surrounded is stretched, over about 45 DEG inclined. In this way ensured becomes that the field lines penetrate the magnetoresistive ranges in particularly favourable form.

With other Magnetfeldgradiometer, which can function on the base of the GMR, the CMR, the Hall effect or other magnetic field-sensitive effects, the orthogonal alignment of the Gradiometers than favourable, alone approximate to this surface, already appears from technical reasons. Natural one appears it also possible to build on the base of the AMR a sensor whose magnetoresistive ranges are so formed that a straight alignment of the sensor becomes favourable also physical. In particular with Gradiometer working on the base of the Hall effect, whose magnetic field-sensitive ranges are planar applied on a base substrate, an alignment of the base substrate appears parallel to the aforementioned surface as favourable. Independent one of these considerations appears it possible to build with a majority of the aforementioned effects Gradiometer which can be arranged into or other manner a physical favourably and technically favourable in the recess according to invention or in their environment.

With the use of arrangements of absolute field measuring instruments and/or Gradiometer various arrangements are more conceivable.

Favourable arrangements of these metres are to become first only at the example of a conductor with a recess according to invention more near explained, in order to hold the scope of the subsequent text within limits:

In order to use the advantages of these arrangements, it appears first favourable to arrange an even number of magnetic field or magnetic field gradient measuring instruments same type symmetrical in a groove according to invention or their environment whereby the output signals of the respective metres in the environment of a recess become by suitable mathematical operations as for example the subtraction in particular linked so with one another that the Störanteile become minimized.

Furthermore it can be also favourable to shift or expand such a measuring arrangement by appropriate actions like conscious asymmetric mounting the same too dejustieren the measuring range of the arrangement. Measures of this type appear particularly meaningful, since the magnetic field gradient, which becomes according to invention generated in the recess, is usually from relative small amount:

An u-shaped current conductor as well known the current flow direction 180 DEG. Like that the magnetic field gradient is in a plane parallel above the current conductor to the base width of the sensor (DE 43 00 605 C2 or Fig compares. 3) often large as the magnetic field gradient of an inventive arrangement with same primary current.

Measures like the conscious Dejustage of the magnetic field or magnetic field gradient measuring instruments in relation to the zero crossover of the magnetic field can become by electronic measures or calibration in suitable way flanked or balanced.

To the measures, which can likewise contribute to the optimization of the magnetic flux in the environment of a recess according to invention, belongs the arrangement of components from materials, which can lead the magnetic flux in suitable form. Thus it comes to a significant increase of the magnetic flux in the recess according to invention, if the conductor becomes partial enveloped with ferrite material. Also this measure can become both with the object performed to optimize the magnetic field gradient symmetrical the zero crossover of the magnetic field on the needs of the application and the measuring device and with the intent to produce a field asymmetric to zero crossover.

To the implementation of the latter intent it is likewise possible to lay the entire current conductor out according to invention in current flow direction asymmetric to the Ausparung. In this way on both sides of the recess different currents or current flow-dense will come, which has the desired above effect to the sequence.

It is among other things favourable before the background of the conditions of the micro system engineering - as for example the Flipchiptechnologie - to fasten the Gradiometer or magnetic field measuring instruments first on or several carriers as for the example foils and to position the developed Mikrosystem in or in the vicinity of the recess. In this way particularly more inexpensive and simple construction becomes a realized.

An other favourable embodiment of the invention is appropriate for several magnetic field or magnetic field gradient measuring systems in the possibility justified, or in such a way to finished that it or it in the recess according to invention relative accurate positioned or fixed to become to be able. In this way those escapes relative expensive positioning of the measurement system to the conductor, which is normally necessary, in order to ensure an accurate measurement with sufficient measuring range.

Apparatuses according to invention make in particular the floating useful the magnetic field gradients available for the current measurement, so that it in various current or temperature ranges or the bottom influence other different environmental conditions appears favourable, with different magnetic field or magnetic field gradient measuring instruments, which on the base a variety various principles or effects work, to measure in accordance with the invention process.

The gained measurement values will serve natural often also for the derivative or determination used magnitudes such as voltage or power.

■ top

In particular within the high current range a magnetic shield of the whole apparatus or a part the same necessary can become due to the occurrence of large perturbative fields. Due to the extraordinary compactness the same also such a shielding device with small effort is to be realized.

With short or ground faults already temporary flows much high currents with apparatuses with low rated currents, which can be detected with the invention process easy. The output signals of the metres can become then for example the monitoring used.

Due to the compactness of the apparatus and the possibility of the simple magnetic shield connected thereby the method natural particularly good is suitable for detecting on relative narrow space several currents with the help of several current conductor according to invention.

An other inexpensive possibility of the current measurement results likewise from the shield or shielding barness of the invention: If only minimum perturbative fields are to be expected to locations of the magnetic field and/or magnetic field gradient measurement with an application, then it is sufficient to measure only on a side of the zero crossover of the magnetic field. Such a measurement can become with an absolute field measuring instrument performed.

The preferably industrial prefabrication of the entire unit as apparatus for current measurement floating promises a significant reduction of the unit cost prices. Units of this type can become at its leader ends in suitable way with the current conductors, which lead that current which can be measured, connected in particular. Particularly favourable is in this connection connectors, with which for example broadband cables to the units connected to become to be able.

Another favourable type, apparatuses according to invention to finished, might be for example in the automotive manufacture from interest:

Here conductor according to invention and the gradient-formed could become already as part of a target device made. Such a target device can be for the example a high performance generator, a conventional alternator, a fuel cell or a fuse box. Components of this type become in extraordinary high quantities and thus relative low costs made. Also the implementation of recesses according to invention in the current conductors of these target devices might be therefore on inexpensive manner possible. To the measurement of the formed magnetic field gradients suitable apparatuses then supplied could become and in the environment of the recesses according to invention positioned as prefabricated and on the application tuned Mikrosystem.

Technical measures of the aforementioned type are natural in various developments favourably and might in different industries use find.

Like already above mentioned, the use of a conductor according to invention brings various advantages with several recesses with itself. First it is possible to lead the primary current in such a way by multiple slitting of the conductor that the used metres in their rated current range work.

An other advantage lies in the possibility of the evaluation of the various gradients:

The recesses of gained measurement values various in the environment can become in a manner mathematical linked with one another, who is suitable to an other minimization or elimination of the Störanteile.

To purposes of effective an evaluation of these signals as possible it can be also favourable to accomplish the measurement of the various magnetic field gradients with different methods.

In the following those becomes the invention underlying problem definition, the invention and some preferred embodiments the same on the basis designs explained:

Show:

Fig. 1 the structure principle of a conventional resounding transducer with river concentration.

Fig. 2 the gradient formation like them in the DE 43 00 605 C2 shown becomes on the basis a sketch.

Fig. 3 the current measurement floating with two absolute field measuring instruments like it of the DE 44 34 417 A1 proposed becomes.

Fig. 4 a sketch of an example of a slotted, current conductor according to invention and the line of flux process in its environment.

Fig. 5 an example of a current conductor according to invention, which is composite from two conductive members.

Fig. 6 a cross section by a conductor according to invention with a groove.

Fig. 7 a cross section by a slotted conductor according to invention with a Gradiometer.

Fig. 8 a cross section by a slotted conductor according to invention with an inclined Gradiometer.

Fig. 9 a cross section by a slotted conductor according to invention with an arrangement of two absolute field measuring instruments.

Fig. 10 a cross section by a slotted conductor according to invention with a slot, which is to the guide of the magnetic flux in exemplary form guided and is in its slot a Mikrosystem fitted.

Fig. 11 a cross section by a slotted conductor according to invention, at which additional components are diverted for magnetic river guidance.

Fig. 12 a cross section by a conductor according to invention with two slots, which exhibit a different width, whereby at the primary leader an additional component is diverted for magnetic river guidance.

Fig. 1 shows the structure principle of a commercial resounding transducer, with which a ferrite or an iron core (5) leads the magnetic flux of a current conductor (3) (18), which leads to concentrated magnetic flux (6) in the environment of the resounding transducer. With this structure principle in particular bulky iron or ferrite cores becomes used with high currents.

■ top

Fig. a magnetic field gradient formation shows 2 like it in the DE 43 00 605 C2 and US 5,548,208 proposed becomes, which get along with use of a sensitive measurement system (1) without an expensive magnetic river guidance. The magnetic field gradients generated in this case u-shaped distinct primary-carrier flow leaders (3), that the Gradiometer penetrated. In this way it is possible to minimize with the evaluation the portions of the perturbative fields.

Fig. an apparatus, which becomes among other things proposed of the DE 44 34 417 A1, shows 3. A straight current conductor (3) possesses a magnetic field with approximate circular field lines (7), whose deformations can come by the cross section of the conductor. This magnetic field of penetrated two absolute field measuring instruments (1), which become penetrated of the magnetic field in opposite direction. The evaluation of the output signals of the two metres made for example with the help of a subtractor. In this way the Störanteile of homogeneous external perturbative fields are omitted to a large extent. The height of the remaining Störanteile depends however on the distance of the metres to each other, which is connected again with the diameter of the conductor.

Fig. 4 shows a slotted primary leader according to invention (3) and the line of flux process (7) in the environment of the slot, according to invention caused by the primary current, (8).

Fig. the same sketch shows 5, whereby the primary leader (3) consists of the conductive components 12 and 13, which are 14 in particular with one another conductive connected at the direction of attack. This sketch illustrated only that the primary leader according to invention from a plurality of suitable devices can be composite.

Fig. 6 shows a cross section by a primary leader according to invention (3), that exhibits a groove (9) instead of a continuous slot as recess according to invention. The course of the field lines is only outlined in this fig. From reasons of clarity the subsequent figs are limited to the representation of embodiments, which are provided with a continuous slot according to invention.

Fig. 7 shows a cross section by such a current conductor according to invention (3). In the recess according to invention a magnetic field measuring instrument (1) is, which is in this embodiment designed as magnetic field gradient measuring instrument. The arrangement of this Gradiometers is symmetrical for the zero crossover of the magnetic field. The base substrate of the Gradiometers is parallel to the surface, which is stretched by the current flow direction and the centers of the two conductor portions. The measure (B) the referred base width of the Gradiometers, which is given by the distance various magnetic field-sensitive layers, which measure here the magnetic field gradients to both sides of zero crossover, in particular.

Fig. an essentially identical cross section design shows 8, inclined with which the Gradiometer (1) is around approximately 45 DEG opposite this surface.

With Fig. 9 is two absolute field measuring instruments (1) in the recess according to invention mounted. They are fixed at a suitable support (10). The distance of the two metres (1) and/or their magnetic field-sensitive layers is referred here with (B) likewise. It corresponds to the base width of the Gradiometers in Fig in physical sense. 7.

Fig. 10 shows a cross section by a current conductor according to invention (3), which exhibits a recess (8), whose alignment became less by technical than by physical considerations embossed. However also only exemplary importance comes to this particular alignment. Beyond that Fig shows. 10 a magnetic field or a magnetic field gradient measuring instrument (1), which is into a part of a Mikrosystems (11) inserted, which into the recess (8) fits and with sufficient accuracy and small effort to position there is.

Fig. a cross section by a current conductor according to invention (3), that shows 11 from components (16, 17) from a material surrounded is, which is suitable to lead the magnetic flux. Such a material is for example ferrite. By this measure the flux becomes within the material in less concentrated form (18) guided and a concentration or a leading of the magnetic flux for example to locations of the measurement of the same achieved. If one of the two components (16, 17) becomes omitted or if the two components with varying size or different material are executed, then according to invention a gradient field asymmetric to the recess develops.

Fig. 12 shows a cross section by a conductor according to invention (3), which is provided with two recesses and forms two gradients. This conductor forms however an asymmetric gradient field, there the left slot (8) wider is as the right and the left conductor portion over a component for magnetic river guidance ordered (16). By this measure the magnetic flux becomes concentrated (6), so that the left magnetic field gradient measuring instrument (1) is differently constituted, that than the right metre, an asymmetric magnetic field is exposed. This last fig serves above all the exemplary illustration that variety of the embodiments of the invention.

Other apparatuses with several recesses according to invention are not shown in this place, in order not to increase the number of the figs still more other.

Also different measures to the fabrication of an asymmetric gradient field or to the asymmetric positioning of the magnetic field or magnetic field gradient measuring system are not shown from reasons of clarity on the basis designs. Also on the representation of round, ellipsoidal, triangular, polygonal or in other manner formed conductor cross sections only from reasons of clarity one did without.

Reference symbol list

- 1 magnetic field or Magnetfelgradientenmessgerät, and/or absolute field measuring instrument or Gradiometer
- 2 resounding transducers
- 3 primary leader
- 4 potential-separating substrate
- 5 ferrite or iron core
- 6 concentrated magnetic flux
- 7 field lines of the primary magnetic field
- 8 slot or recess
- 9 groove or recess
- 10 carrier material, for example foil
- 11 part of the Mikrosystems, for example from suitable potting compound existing
- 12 conductive component

- 13 conductive component
- 14 direction of attack between the conductive components
- 15 terminals of the absolute field measuring instruments and evaluation electronics, for example subtractors
- 16 component from a material, which leads the magnetic flux, for example ferrite
- 17 component from a material, which leads the magnetic flux, for example ferrite
- 18 "more led" less concentrated magnetic flux
- B base width of a Gradiometers, distance between two absolute field measuring instruments or similar



Europäisches
Patentamt
European Patent
Office
Office européen
des brevets

Claims of DE19838536

[Print](#)

[Copy](#)

[Contact Us](#)

[Close](#)

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

1. Apparatus and method for current measurement floating by the recording of the magnetic field caused of the respective primary current and/or or the magnetic field gradients, thereby characterized,

a) that the formation or the magnetic field gradients in each case by a conductor of the made, which is with or several suitable recesses, for example grooves or slots, provided and to locations of the measurement preferably straight distinct,

or

b) by the corresponding suitable arrangement of the conductive components, which form to locations of the measurement preferably straight current conductor with or for several corresponding recesses, made and that the measurement of the magnetic field or the magnetic field gradient becomes in each case by suitable apparatuses in the environment single recesses made.

2. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that the measurement single or several formed according to invention gradient with a magnetic Gradiometer or an arrangement of magnetic Gradiometer made become in each case.

3. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that the measurement single or several formed according to invention gradient with one or a suitable arrangement of absolute field measuring instruments made become in each case.

4. Apparatus and process according to claim 1 and 2, characterised in that for the measurement single or several formed according to invention gradient in each case a Gradiometer used, its base substrate becomes opposite the surface, which is stretched by the current flow direction and the centers of the two conductor portions, which form the respective recess,

a) around approximately 45 DEG inclined

or

b) orthogonal

or

c) parallel

aligned is, whereby the recesses, grooves or slots of the straight conductor corresponding formed are, in order to lead the magnetic flux if necessary in one for the respective Gradiometer of suitable manner and to take up the respective Gradiometer themselves if necessary.

5. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that for the measurement single or several gradients a suitable arrangement of absolute field measuring instruments or Gradiometern used become, those in each case

a) of an even number of similar or similar absolute field measuring instruments consists, which are preferably symmetrical for the zero crossover of the magnetic field in the respective recess, and/or the groove or the slot in the primary leader mounted

or

b) of or several Gradiometern consists, whose or their magnetic field-sensitive ranges is in the respective recess, and/or the groove or the slot symmetrical for the zero crossover of the magnetic field in the recess in the primary leader arranged.

6. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that for the measurement of single or several gradients according to invention in each case a suitable arrangement of absolute field measuring instruments or Gradiometern used become, which exhibit or various asymmetries in the arrangement or calibration of their magnetic field-sensitive ranges for the zero crossover of the magnetic field, those for example

a) in the arrangement of an odd number of similar or similar absolute field measuring instruments or Gradiometer in the range of zero crossover exists,

or

b) in the arrangement more differently or exists differently calibrated absolute field measuring instruments or Gradiometer,

or

c) in the asymmetric arrangement of symmetrical Gradiometer or from arrangements from absolute field measuring instruments to the zero crossover of the magnetic field exists, whereby the output signals of the respective magnetic field measuring systems become by suitable mathematical operations as for example the subtraction in particular linked so with one another that the Störanteile become minimized.

■ top

7. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that according to invention primary-carrier flow leaders completely or partial of one to guide magnetic flux suitable material surrounded is to lead in order magnetic flux so that it on requirements respective application and or used magnetic field measuring instruments tuned is, whereby arrangement this material symmetrical or asymmetric to that or according to invention recesses, which grooves according to invention, and/or which can be slots according to invention distinct, in order the magnetic field gradients on the requirements of the application and that or the used magnetic field measuring instrument to optimize.

8. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that the primary-carrier flow leader according to invention in the current flow direction asymmetric to that or the recesses according to invention, and/or which is grooves according to invention or the slots according to invention distinct, in order to optimize the magnetic field gradients.

9. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that that or the Gradiometer or the arrangement of absolute field measuring instruments at or several carriers as foils suitable for the example or wires with micro-system-oriented means fixed and together with this or these carriers in single or several recesses according to invention or its environment positioned become.

10. Apparatus according to claim 1, characterised in that that or the magnetic field or magnetic field gradient measuring systems so made are that relative in each case accurate single or several recesses according to invention, grooves according to invention, and/or slots according to invention fit in or they and with simple means with sufficient accuracy fixed to become there to be able.

11. Process according to claim 1, characterised in that that or the magnetic field or magnetic field gradient measuring systems

a) on the base Hall of the effect work

or

b) work on the base Hall of the effect and micro-system-oriented river concentrators integrated in particular use

or

c) on the base Hall of the effect and particularly magnetic field-sensitive ranges formed in particular work contained, which for example with standard methods of the semiconductor manufacture such as CMOS or BICMOS technology manufactured are

or

d) on the base of the anisotropic, gigantic, kolossalen or other magnetoresistive effect (AMR, GMR, CMR) work

or

e) the transformatorische principle use

or

f) on the base of the Josephson of effect work

or

g) other physical effects and principles use, which supply suitable output signals with application of a magnetic field or magnetic field gradient,

or

h) the several aforementioned principles or effects use.

12. Process according to claim 1, characterised in that of current derivable magnitudes as for the example voltage or power determined becomes.

13. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that the whole apparatus or only a part of it by appropriate actions as for the example the mounting of an additional metal part against outside perturbative fields shielded become.

14. Apparatus or process according to claim 1, characterised in that the output signals of the magnetic field or magnetic field gradient measuring systems to the detection of overcurrents used becomes.

15. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that to the measurement of several currents in several conductors an appropriate number of apparatuses according to invention used become.

16. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that to the measurement single or several formed according to invention gradient preferably in each case with an absolute field measuring instrument only a magnetic Flow direction of the gradient field on a side of the zero crossover of the magnetic field recorded and to the evaluation is consulted.

17. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that the entire apparatus according to invention as unit for current measurement floating prefabricated will and with suitable methods at the leader directors/conductors of the prefabricated unit with current conductors, which lead that current which can be measured, connected becomes in particular.

18. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that conductor according to invention and the gradient-formed as part of the target device made and/or is contained in this already and to the measurement of the gradient suitable apparatuses likewise there positioned brought in to a large extent prefabricated form into the environment of the recesses according to invention and become.

19. Apparatus and process according to claim 1, characterised in that with the measurement of high currents the measurement values of various magnetic field or magnetic field gradient measuring systems, which becomes in or in the environment various Ausparungen according to invention of a conductor measured, with the evaluation in a manner mathematical linked with one another become in particular, who is suitable to the minimization or elimination of the Störanteile.

20. After apparatus and method or the several managing claims, characterised in that the measurement of various gradients, which become according to invention formed by a straight conductor, by different aforementioned or other methods made.

■ top21. After apparatus and method or the several aforementioned claims.